

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2003年 7月 8日

出願番号
Application Number:

特願 2 0 0 3 - 1 9 3 8 3 2

ST. 10/C] :

[J P 2 0 0 3 - 1 9 3 8 3 2]

願 人
Applicant(s):

株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ

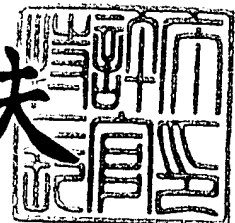
**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

BEST AVAILABLE COPY

2004年 2月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 DCMH150071

【提出日】 平成15年 7月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 7/00

【発明の名称】 多入力多出力伝搬路信号伝送装置及び受信局

【請求項の数】 10

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社 エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

 【氏名】 山田 武史

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社 エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

 【氏名】 富里 繁

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社 エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

 【氏名】 須田 博人

【特許出願人】

 【識別番号】 392026693

 【氏名又は名称】 株式会社 エヌ・ティ・ティ・ドコモ

【代理人】

 【識別番号】 100083806

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三好 秀和

 【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702416

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多入力多出力伝搬路信号伝送装置及び受信局

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部と、前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された加工フィードバック情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を入力し、フィードバック情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記フィードバック情報を前記フィードバック回線の回線状況に応じて加工して前記加工フィードバック情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックするフィードバック情報加工部と、前記加工フィードバック情報を一定期間保持し、蓄積された蓄積フィードバック情報を出力するフィードバック情報蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記蓄積フィードバック情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とする多入力多出力伝搬路信号伝送装置。

【請求項 2】 多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、

送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル

情報を入力し、フィードバック情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記フィードバック情報をフィードバック回線の回線状況に応じて加工して加工フィードバック情報を生成し、前記送信局に前記フィードバック回線を通じてフィードバックするフィードバック情報加工部と、前記加工フィードバック情報を一定期間保持し、蓄積された蓄積フィードバック情報を出力するフィードバック情報蓄積部と、前記通信チャンネル情報と前記蓄積フィードバック情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とする受信局。

【請求項3】 複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、前記送信信号を複数の信号系列に分割する送信信号分割部と、分割された各送信信号系列を変調する送信信号変調部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された量子化送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャンネル状況を推定し、通信チャンネル情報を出力するチャンネル推定部と、通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報に量子化処理を施して前記量子化送信ウェイト情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局へフィードバックする送信ウェイト量子化部と、前記量子化送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された量子化送信ウェイトを出力する送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャンネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された量子化送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を

前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とする多入力多出力伝搬路信号伝送装置。

【請求項 4】 多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、

送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報に量子化処理を施して量子化送信ウェイト情報を生成し、フィードバック回線を通じて前記送信局へフィードバックする送信ウェイト量子化部と、前記量子化送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された量子化送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された量子化送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とする受信局。

【請求項 5】 複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部と、前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された量子化通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、前記通信チャネル情報に量子化処理を施して前記量子化通信チャネル情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックする通信チャネル量子化部と、前記量子化通信チャネル情報を一定期間保持し、蓄積された量子化通

信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部と、前記チャンネル蓄積部の蓄積された量子化通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記チャンネル推定部の出力する通信チャンネル情報と前記送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とする多入力多出力伝搬路信号伝送装置。

【請求項 6】 多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、

送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャンネル状況を推定し、通信チャンネル情報を出力するチャンネル推定部と、前記通信チャンネル情報に量子化処理を施して量子化通信チャンネル情報を生成し、フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックする通信チャンネル量子化部と、前記量子化通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された量子化通信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部と、前記チャンネル蓄積部の蓄積された量子化通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記チャンネル推定部の出力する通信チャンネル情報と前記送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とする受信局。

【請求項 7】 複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、前記送信信号を複数の信号系列に分割する送信信号分割部と、分割された各送信信号系列を変調する送信信号変調部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記受信局からのフィードバック回線を通じて通

知された補正送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト生成部が過去に出力した前記送信ウェイト情報を保存する送信ウェイト保存部と、前記送信ウェイト保存部に保存された過去の送信ウェイト情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記送信ウェイト生成部の出力する送信ウェイト情報を補正して前記補正送信ウェイト情報を生成し、前記送信局に前記フィードバック回線を通じてフィードバックする送信ウェイト補正部と、前記送信ウェイト補正部からの補正送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された補正送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された補正送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とする多入力多出力伝搬路信号伝送装置。

【請求項 8】 多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、

送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト生成部が過去に出力した前記送信ウェイト情報を保存する送信ウェイト保存部と、前記送信ウェイト保存部に保存された過去の送信ウェイト情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記送信ウェイト生成部の出力する送信ウェイト情報を補正して補正送信ウェイト情報を生成し、前記送信局にフィードバック回線を通じてフィードバックする送信ウェイト補正

部と、前記送信ウェイト補正部からの補正送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された補正送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャンネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された補正送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とする受信局。

【請求項 9】 複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部と、前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された補正通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャンネル状況を推定し、通信チャンネル情報を出力するチャンネル推定部と、前記チャンネル推定部が過去に出力した前記通信チャンネル情報を保存するチャンネル情報保存部と、前記チャンネル情報保存部に保存された過去の通信チャンネル情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記通信チャンネル情報を補正して前記補正通信チャンネル情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックするチャンネル情報補正部と、前記補正通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された補正通信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部と、前記チャンネル蓄積部の蓄積された補正通信チャンネル情報を入力し、送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を

前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とする多入力多出力伝搬路信号伝送装置。

【請求項 10】 多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、

送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、前記チャネル推定部が過去に出力した前記通信チャネル情報を保存するチャネル情報保存部と、前記チャネル情報保存部に保存された過去の通信チャネル情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記通信チャネル情報を補正して補正通信チャネル情報を生成し、フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックするチャネル情報補正部と、前記補正通信チャネル情報を一定期間保持し、蓄積された補正通信チャネル情報を出力するチャネル蓄積部と、前記チャネル蓄積部の蓄積された補正通信チャネル情報を入力し、送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とする受信局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】

本発明は多入力多出力伝搬路信号伝送装置及び受信局に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、図 8 に示すような多入力多出力伝搬路信号伝送装置が提案されている。送信局 100 は送信信号を生成する送信信号生成部 101、# 1 ~ # K の送信信号分割部 102、# 1 ~ # K の送信処理部 103、# 1 ~ # N の送信アンテナ 105 を備えている。そして各送信処理部 103 は、送信信号変調部 111、乗算

部 1112、既知シンボル付加部 113 から構成されている。

【0003】

他方、受信局 200 は #1 ~ #L の受信アンテナ 201、既知シンボル分離部 202、#1 ~ #K の等化处理部 203、チャネル推定部 204、送信ウェイト生成部 281、送信ウェイト蓄積部 282、受信ウェイト生成部 283、受信信号結合部 209 を備えている。そして各等化处理部 203 は、乗算部 211 と受信信号復調部 212 から構成されている。

【0004】

この提案されている多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、送信局 100 はフィードバック回線 400 の利用により、受信局 200 から送信ウェイト情報を信号送信前に受信する。フィードバック情報は受信アンテナ 201 の数 L と同じ数の #1 ~ #L の組となっており、#1 ~ #L の各組には送信アンテナ 105 の本数 N と同じ数のウェイト情報が含まれている。送信局 100 の送信信号分割部 102 では、受信局 200 からフィードバックされた送信ウェイト情報を参照し、送信ウェイト情報が全て 0 でない組の数 K と同じ数の系列 #1 ~ #K に送信信号を分割する。分割された #1 ~ #K の各送信信号系列は、それぞれ送信信号変調部 111 で変調され、乗算部 112 で対応する送信ウェイト情報と乗算され、受信局 200 側で等化处理を行うために用いられる既知シンボルを付加される。各送信信号系列は対応する送信アンテナ 105 毎に加算され、伝搬路 300 に送信される。

【0005】

いま、K 個に分割された送信信号系列（ここでは、「ストリーム」と呼ぶ）のうち k 番目のストリームを $S_k(t)$ 、送信アンテナ本数を N、k 番目のストリームに対応する送信ウェイトベクトル ($N \times 1$ 列) を W_{Tk} とすると、多重化された送信信号ベクトル $X(t)$ は、

【数 1】

$$X(t) = \sum_{k=1}^K W_{Tk} S_k(t) \quad (1)$$

となる。

【0006】

受信局 200 では、無線伝搬路 300 によって歪んだ送信信号が受信される。送信信号系列の歪の様子は伝搬路 300 自体の形状と、各送受信アンテナ 105、201 の位置関係で決定される。

【0007】

いま、伝搬路 300 は各チャネルにおいて遅延波の影響が無視できるような一様フェージングチャネルを想定する。このとき、既知シンボルを用いて、チャネル推定部 204 において各送受信間の伝搬路特性を推定することで、この伝搬路特性は、以下のチャネル行列 A によって示される。ただし、L は受信アンテナ本数とする。

【0008】

【数 2】

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1N} \\ \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{L1} & \cdots & a_{LN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

各受信アンテナ 201 で受信された受信信号 $\mathbf{r}(t)$ は、ノイズベクトルを $\mathbf{n}(t)$ とすると、

【数 3】

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{n}(t) \quad (3)$$

のように示される。

【0009】

各受信アンテナ 201 で受信された信号は、既知シンボル分離部 202 において既知シンボルと送信情報シンボルとに分離され、送信情報シンボルは #1 ~ #K の各送信信号系列と同じ数 K の等化处理部 203 に入力される。既知シンボルはチャネル推定部 204 に入力される。チャネル推定部 204 は、各送受信アンテナ 105、201 間の伝搬路特性を推定し、チャネル推定情報を出力する。

【0010】

受信局 200 の送信ウェイト生成部 281 では、チャネル推定情報を用いて送信ウェイト情報を生成する。この送信ウェイト生成には通常、固有値演算や特異値演算を用いる。具体的には、(4) 式のようにチャネル相間行列 $A^H A$ の固有値分解を行うと、以下の関係を満たす K 個 ($K = \min(N, L)$) の固有ベクトル e_k が得られる。ただし、 H は複素転置を示している。

【0011】

【数 4】

$$\begin{aligned} e_i^H (A^H A) e_i &= \lambda_i \quad (i = 0, \dots, K) \\ e_i^H (A^H A) e_j &= 0 \quad (i \neq j) \end{aligned} \quad (4)$$

(4) 式で、 λ_i は i 番目の固有ベクトルに対応する固有値を示す。上記 e_k を用いて k 番目のストリームに対する送信ウェイトベクトルを、

【数 5】

$$W_{Tk} = e_k \quad (5)$$

のように生成する。この時点で生成された送信ウェイトは、フィードバック回線 400 を通じて送信局 100 へ送信され、次の送信時に使用される。

【0012】

送信ウェイト生成部 281 で生成された送信ウェイトは、送信ウェイトがフィードバックされ、信号送信に用いられて受信局 200 で受信されるまで各送信ウェイト蓄積部 282 において保持される。その後、蓄積されている送信ウェイトは受信ウェイト生成部 283 に入力される。受信ウェイト生成部 283 では、蓄積されている送信ウェイト情報とチャネル推定部 204 からのチャネル推定値とを用いて受信ウェイト情報を算出する。

【0013】

この受信ウェイトベクトル (1 行 \times L 列) W_{Rk} は、

【数 6】

$$W_{Rk} = (A e_k)^H \quad (6)$$

により生成される。

【0014】

各等化処理部203では、乗算部211で受信ウェイト生成部283からの受信ウェイト情報を受信信号と乗算して合成し、さらに受信信号復調部212で復調処理を行う。

【0015】

k番目のストリームに対する合成後出力 $y_k(t)$ は、

【数7】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \mathbf{W}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (7) \\ &= \lambda_k S_k(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \end{aligned}$$

となる。

【0016】

そして各等化処理部203での復調処理後の#1～#Kの受信信号は、受信信号結合部209において送信信号分割部102の分割法と対応した形で結合され、送信信号系列が得られる。

【0017】

このように、提案されている多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、送受信ウェイト情報を生成して用いることにより、多重化された他のストリームからの干渉を全く受けずに所望のストリームのみを抽出することができる。この結果、周波数利用効率を従来の1ストリームのみを伝送する場合と比較して飛躍的に高めることができるのである。

【0018】

しかしながら、上述した多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、受信局で算出したウェイト情報をフィードバック回線を用いて送信局に通知する際に遅延が生じ、通信路チャネルが変動してしまう。このような変動が発生すれば、通信チャネルと送受信ウェイトの整合性が乱れ、伝送特性の劣化が生じてしまう。

【0019】

つまり、従来提案されている技術では、送信ウェイトベクトルを生成したときのチャネル行列を C 、実際に通信を行った際のチャネル行列を C' とすると、送信ウェイトベクトルはチャネル行列 C に対して生成されているのに対して、受信ウェイトベクトル W_{Rk} は、 $W_{Rk} = (C' e_k)^H$ のように、 C' に基づいて生成される。このときの受信局における合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 8】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} C' X(t) \\ &= W_{Tk}^H C'^H C' \sum_{m=1}^K W_{Tm} S_m(t) + W_{Tk}^H C'^H n(t) \end{aligned} \quad (8)$$

となる。このとき W_{Tk} は $C^H C$ の固有ベクトルであり、 $C' H C'$ の固有値ではないため、他ストリームからの干渉成分を消去できない。この結果、伝送特性の劣化が生じるという問題点があった。

【0020】

また従来例では、(5)、(6) 式のようにチャネル推定値を基に固有値計算を行い、現在の伝搬路に整合した形で送受信ウェイト情報を算出して伝送時に用いている。しかし、フィードバック情報はフィードバック回線を用いて伝達される関係上、フィードバック回線の情報速度に応じた遅延の後に通知されるため、遅延の影響を受けずに生成された受信ウェイト情報との整合性が乱れ、伝送容量が劣化する事態が起こる問題点があった。

【0021】

【非特許文献 1】

宮下、西村、大鐘、小川、鷹取、長著、「MIMOチャネルにおける固有ビーム空間分割多重 (E-SDM) 方式」、電子情報通信学会技報、RCS2002-53、2002年5月。

【0022】

【非特許文献 2】

西村、大鐘、小川、鷹取、長著、「固有ビーム空間分割多重方式におけるチャネル推定誤差を考慮した場合の特性評価」、電子情報通信学会技報、RCS2002-94、2002年7月。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】

本発明はこのような従来の技術的課題に鑑みてなされたもので、受信ウェイト生成時に加工後の送信ウェイトを用いることにより、送受信ウェイトの整合性を向上させ、伝送特性の劣化を減少させることができる多入力多出力伝搬路信号伝送技術を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部と、前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された加工フィードバック情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を入力し、フィードバック情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記フィードバック情報を前記フィードバック回線の回線状況に応じて加工して前記加工フィードバック情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックするフィードバック情報加工部と、前記加工フィードバック情報を一定期間保持し、蓄積された蓄積フィードバック情報を出力するフィードバック情報蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記蓄積フィードバック情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴と

するものである。

【0025】

請求項2の発明は、多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を入力し、フィードバック情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記フィードバック情報をフィードバック回線の回線状況に応じて加工して加工フィードバック情報を生成し、前記送信局に前記フィードバック回線を通じてフィードバックするフィードバック情報加工部と、前記加工フィードバック情報を一定期間保持し、蓄積された蓄積フィードバック情報を出力するフィードバック情報蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記蓄積フィードバック情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信局側の送信信号分割法と対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0026】

請求項1の発明の多入力多出力伝搬路信号伝送装置、請求項2の発明の受信局では、送信局側において、送信信号を複数の系列に分割し、分割された各信号系列を変調し、受信局側からのフィードバック回線を通じて通知された加工フィードバック情報を用いて生成された送信ウェイト情報をこの変調信号に乗算し、複数のアンテナから伝搬路に送信する。

【0027】

受信局側においては、送信局の送信信号を複数のアンテナにて受信し、受信信号から通信チャネル情報を推定し、この通信チャネル情報からフィードバック情報を生成し、さらにフィードバック情報をフィードバック回線の回線状況に応じて加工して加工フィードバック情報を生成し、フィードバック回線を通じて送信局側にこの加工フィードバック情報をフィードバックする。また加工フィードバ

ック情報を一定期間保持し、蓄積された蓄積フィードバック情報と前記通信チャネル情報とを用いて受信ウェイト情報を生成し、複数の信号系列毎に受信信号にこの受信ウェイト情報を乗算し、複数の送信信号系列毎に受信信号を復調する。そして送信信号系列毎の復調信号を送信局側の送信信号分割部に対応して結合し、元の送信信号を得て出力する。

【0028】

これにより、多入力多出力伝搬路信号伝送において、送信ウェイトのフィードバックに伴う加工処理による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減し、伝送特性の劣化を低減する。

【0029】

請求項3の発明は、複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、前記送信信号を複数の信号系列に分割する送信信号分割部と、分割された各送信信号系列を変調する送信信号変調部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された量子化送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報に量子化処理を施して前記量子化送信ウェイト情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局へフィードバックする送信ウェイト量子化部と、前記量子化送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された量子化送信ウェイトを出力する送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された量子化送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴と

するものである。

【0030】

請求項4の発明は、多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報に量子化処理を施して量子化送信ウェイト情報を生成し、フィードバック回線を通じて前記送信局へフィードバックする送信ウェイト量子化部と、前記量子化送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された量子化送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された量子化送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0031】

請求項3の発明の多入力多出力伝搬路信号伝送装置、請求項4の発明の受信局では、送信局側において、送信信号を複数の信号系列に分割し、分割された各送信信号系列を変調し、受信局側からフィードバック回線を通じて通知された量子化送信ウェイト情報をこの変調信号に乗算し、複数のアンテナを通じて伝搬路に送信する。

【0032】

受信局側においては、送信局からの送信信号を複数のアンテナで受信し、受信信号から通信チャネル情報を推定し、この通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成し、さらに送信ウェイト情報に量子化処理を施して量子化送信ウェイト情報を生成し、フィードバック回線を通じて送信局側へフィードバックする。これと共に、量子化送信ウェイト情報を一定期間保持し、通信チャネル情報と蓄積された量子化送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成し、複数

の信号系列毎に受信信号にこの受信ウェイト情報を乗算し、複数の送信信号系列毎に受信信号を復調する。そして送信信号系列毎の復調信号を送信局側の送信信号分割部に対応して結合し、元の送信信号を得て出力する。

【0033】

これにより、多入力多出力伝搬路信号伝送において、送信ウェイトのフィードバックに伴う遅延による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減し、伝送特性の劣化を低減する。

【0034】

請求項5の発明は、複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部と、前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された量子化通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャンネル状況を推定し、通信チャンネル情報を出力するチャンネル推定部と、前記通信チャンネル情報に量子化処理を施して前記量子化通信チャンネル情報を生成し、前記フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックする通信チャンネル量子化部と、前記量子化通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された量子化通信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部と、前記チャンネル蓄積部の蓄積された量子化通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記チャンネル推定部の出力する通信チャンネル情報と前記送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0035】

請求項6の発明は、多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、前記通信チャネル情報に量子化処理を施して量子化通信チャネル情報を生成し、フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックする通信チャネル量子化部と、前記量子化通信チャネル情報を一定期間保持し、蓄積された量子化通信チャネル情報を出力するチャネル蓄積部と、前記チャネル蓄積部の蓄積された量子化通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記チャネル推定部の出力する通信チャネル情報と前記送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0036】

請求項5の発明の多入力多出力伝搬路信号伝送装置、請求項6の発明の受信局では、送信局側において、送信信号を複数の系列に分割し、分割された各信号系列を変調し、受信局側からのフィードバック回線を通じて通知された量子化通信チャネル情報を用いて生成された送信ウェイト情報をこの変調信号に乗算し、複数のアンテナを通じて伝搬路に送信する。

【0037】

受信局側においては、送信局からの送信信号を複数のアンテナで受信し、受信信号から通信チャネル情報を推定し、この通信チャネル情報に量子化処理を施して量子化通信チャネル情報を生成し、フィードバック回線を通じて送信局側にフィードバックする。これと共に、量子化通信チャネル情報を一定期間保持し、蓄積された量子化通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成し、前記通信チャネル情報とこの送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイトを生成し、複数の

信号系列毎に受信信号にこの受信ウェイト情報を乗算し、複数の送信信号系列毎に受信信号を復調する。そして送信信号系列毎の復調信号を送信局側の送信信号分割部に対応して結合し、元の送信信号を得て出力する。

【0038】

これにより、多入力多出力伝搬路信号伝送において、送信ウェイトのフィードバックに伴う遅延による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減し、伝送特性の劣化を低減する。

【0039】

請求項7の発明は、複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、前記送信信号を複数の信号系列に分割する送信信号分割部と、分割された各送信信号系列を変調する送信信号変調部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された補正送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト生成部が過去に出力した前記送信ウェイト情報を保存する送信ウェイト保存部と、前記送信ウェイト保存部に保存された過去の送信ウェイト情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記送信ウェイト生成部の出力する送信ウェイト情報を補正して前記補正送信ウェイト情報を生成し、前記送信局に前記フィードバック回線を通じてフィードバックする送信ウェイト補正部と、前記送信ウェイト補正部からの補正送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された補正送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された補正送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0 0 4 0】

請求項 8 の発明は、多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト生成部が過去に出力した前記送信ウェイト情報を保存する送信ウェイト保存部と、前記送信ウェイト保存部に保存された過去の送信ウェイト情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記送信ウェイト生成部の出力する送信ウェイト情報を補正して補正送信ウェイト情報を生成し、前記送信局にフィードバック回線を通じてフィードバックする送信ウェイト補正部と、前記送信ウェイト補正部からの補正送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された補正送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト蓄積部と、前記通信チャネル情報と前記送信ウェイト蓄積部の蓄積された補正送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0 0 4 1】

請求項 7 の発明の多入力多出力伝搬路信号伝送装置、請求項 8 の発明の受信局では、送信局側において、送信信号を複数の信号系列に分割し、分割された各送信信号系列を変調し、受信局側からのフィードバック回線を通じて通知された補正送信ウェイト情報をこの変調信号に乗算し、複数のアンテナを通じて伝搬路に送信する。

【0 0 4 2】

受信局側においては、送信局からの送信信号を複数のアンテナで受信し、受信信号から通信チャネル情報を推定し、この通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する。そして、保存されている過去の送信ウェイト情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて、新たに生成された送信ウェイト情報を補正して補正送信ウェイト情報を生成し、送信局側にフィードバック回線を通じてフィードバックする。これと共に、補正送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された補正送信ウェイト情報と前記通信チャネル情報とを用いて受信ウェイト情報を生成し、複数の信号系列毎に受信信号にこの受信ウェイト情報を乗算し、複数の送信信号系列毎に受信信号を復調する。そして送信信号系列毎の復調信号を送信局側の送信信号分割部に対応して結合し、元の送信信号を得て出力する。

【0043】

これにより、多入力多出力伝搬路信号伝送において、送信ウェイト補正時の誤差による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減し、伝送特性の劣化を低減する。

【0044】

請求項9の発明は、複数のアンテナを備えた送信局と複数のアンテナを備えた受信局から成る多入力多出力伝搬路信号伝送装置であって、

前記送信局は、送信信号生成部と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部と、前記受信局からのフィードバック回線を通じて通知された補正通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信信号変調部の変調信号に前記送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部とを具備し、

前記受信局は、前記送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部と、前記チャネル推定部が過去に出力した前記通信チャネル情報を保存するチャネル情報保存部と、前記チャネル情報保存部に保存された過去の通信チャネル情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記通信チャネル情報を補正して前記補正通信チャネル情報を生成し、前記フィードバック回線

を通じて前記送信局にフィードバックするチャンネル情報補正部と、前記補正通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された補正通信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部と、前記チャンネル蓄積部の蓄積された補正通信チャンネル情報を入力し、送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、

前記受信局は、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を前記送信信号分割部に対応して結合する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0045】

請求項10の発明は、多入力多出力伝搬路信号伝送に用いられる、複数のアンテナを備えた受信局であって、送信局からの送信信号を受信する複数のアンテナと、受信信号から通信チャンネル状況を推定し、通信チャンネル情報を出力するチャンネル推定部と、前記チャンネル推定部が過去に出力した前記通信チャンネル情報を保存するチャンネル情報保存部と、前記チャンネル情報保存部に保存された過去の通信チャンネル情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて前記通信チャンネル情報を補正して補正通信チャンネル情報を生成し、フィードバック回線を通じて前記送信局にフィードバックするチャンネル情報補正部と、前記補正通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された補正通信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部と、前記チャンネル蓄積部の蓄積された補正通信チャンネル情報を入力し、送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部と、前記送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部と、複数の信号系列毎に前記受信信号に前記受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部と、前記複数の信号系列毎に前記受信信号を復調する受信信号復調部とを具備し、かつ、前記複数の送信信号系列毎の前記受信信号復調部からの出力を結合して元の送信信号を復元する受信信号結合部を具備することを特徴とするものである。

【0046】

請求項 9 の発明の多入力多出力伝搬路信号伝送装置、請求項 1 0 の発明の受信局では、送信局側においては、送信信号を複数の系列に分割し、分割された各信号系列を変調し、受信局側からのフィードバック回線を通じて通知された補正通信チャンネル情報を用いて生成された送信ウェイト情報をこの変調信号に乗算し、複数のアンテナを通じて伝搬路に送信する。

【 0 0 4 7 】

受信局側においては、送信局からの送信信号を複数のアンテナで受信し、受信信号から通信チャンネル情報を推定し、チャンネル情報保存部に保存されている過去の通信チャンネル情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報を用いて新たに得た通信チャンネル情報を補正して補正通信チャンネル情報を生成し、フィードバック回線を通じて送信局側にフィードバックする。また、補正通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された補正通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を算出し、さらに送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを算出し、複数の信号系列毎に受信信号にこの受信ウェイト情報を乗算し、複数の送信信号系列毎に受信信号を復調する。そして送信信号系列毎の復調信号を送信局側の送信信号分割部に対応して結合し、元の送信信号を得て出力する。

【 0 0 4 8 】

これにより、多入力多出力伝搬路信号伝送において、送信ウェイトのフィードバックに伴う遅延による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減し、伝送特性の劣化を低減する。

【 0 0 4 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。

【 0 0 5 0 】

〔第 1 の実施の形態〕 図 1 に、本発明の第 1 の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置を示す。本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置は、大きく分けて、送信局 1 0 0、受信局 2 0 0、伝搬路 3 0 0 の 3 つから構成されている。

【 0 0 5 1 】

送信局 100 は送信信号を生成する送信信号生成部 101、#1～#K の送信信号分割部 102、#1～#K の送信処理部 103、#1～#N の加算部 104、#1～#N の送信アンテナ 105、送信ウェイト生成部 106 を備えている。そして各送信処理部 103 は、送信信号変調部 111、乗算部 112、既知シンボル付加部 1113 から構成されている。

【0052】

他方、受信局 200 は #1～#L の受信アンテナ 201、既知シンボル分離部 202、#1～#K の等化处理部 203、チャネル推定部 204、フィードバック情報生成部 205、フィードバック情報加工部 206、フィードバック情報蓄積部 207、受信ウェイト生成部 208、受信信号結合部 209 を備えている。そして各等化处理部 203 は、乗算部 211 と受信信号復調部 212 から構成されている。

【0053】

本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、送信局 100 はフィードバック回線 400 の利用により、受信局 200 からフィードバック情報を受信し、送信ウェイト生成部 106 によって送信ウェイト情報を生成する。フィードバック情報は受信アンテナ 201 の数 L と同じ数の #1～#L の組となっており、#1～#L の各組には送信アンテナ 102 の本数 N と同じ数のウェイト情報が含まれている。

【0054】

送信局 100 の送信ウェイト生成部 106 は、受信局 200 からフィードバックされた情報に基づき生成された送信ウェイト情報を生成する。この送信ウェイト情報の生成には通常、固有値演算や特異値演算を用いる。具体的にはチャネル行列を A とすると、チャネル相関行列 $A^H A$ の固有値分解を行うことで以下の関係を満たす K 個 ($K = \min(N, L)$) の固有ベクトル e_k を得る。

【0055】

【数 9】

$$\begin{aligned} \mathbf{e}_i^H (\mathbf{A}^H \mathbf{A}) \mathbf{e}_i &= \lambda_i \quad (i = 0, \dots, K) \\ \mathbf{e}_i^H (\mathbf{A}^H \mathbf{A}) \mathbf{e}_j &= 0 \quad (i \neq j) \end{aligned} \quad (9)$$

ただし、記号Hは複素転置を示している。また、 λ_i はi番目の固有ベクトルに対応する固有値を示す。

【0 0 5 6】

上記固有ベクトル \mathbf{e}_k を用いて k 番目のストリームに対する送信ウェイトベクトルを

【数 1 0】

$$\mathbf{W}_{Tk} = \mathbf{e}_k \quad (10)$$

のように生成する。

【0 0 5 7】

送信局 1 0 0 の送信信号分割部 1 0 2 では送信ウェイト情報を参照し、送信ウェイト情報が全て 0 でない組の数と同じ数の系列に送信信号を分割する。分割された各送信信号系列は、それぞれ送信信号変調部 1 1 1 で変調され、対応する送信ウェイトと乗算され、受信局 2 0 0 側で等化处理を行うために用いられる既知シンボルを付加される。各送信信号系列は加算部 1 0 4 にて対応する送信アンテナ 1 0 5 毎に加算され、送信アンテナ 1 0 5 から伝搬路 3 0 0 に送信される。いま、K個に分割された送信信号系列（ストリーム）のうち k 番目のストリームを $S_k(t)$ 、送信アンテナ本数を N、k 番目のストリームに対応する送信ウェイトベクトル（N 行 × 1 列）を \mathbf{W}_{Tk} とすると、多重化された送信信号ベクトル $\mathbf{X}(t)$ は

【数 1 1】

$$\mathbf{X}(t) = \sum_{k=1}^K \mathbf{W}_{Tk} S_k(t) \quad (11)$$

となる。

【0 0 5 8】

送信された信号は無線伝搬路 300 によって歪んだ後、受信局 200 で受信される。送信信号系列の歪の様子は伝搬路 300 自体の形状と、各送受信アンテナ 105, 201 の位置関係で決定される。いま、伝搬路 300 は各チャネルにおいて遅延波の影響が無視できるような一様フェージングチャネルを想定する。

【0059】

受信局 200 では、受信信号が既知シンボル分割部 202 で既知シンボルと送信情報シンボルとに分離される。送信情報シンボルは各送信信号系列と同じ数の等化処理部 203 に入力され、既知シンボルはチャネル推定部 204 に入力される。既知シンボルを用いてチャネル推定部 204 において各送受信間の伝搬路特性を推定し、通信チャネル情報を出力する。

【0060】

この伝搬路特性は以下のチャネル行列 A によって示される。ただし、L は受信アンテナ 201 の本数とする。

【0061】

【数 12】

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1N} \\ \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{L1} & \cdots & a_{LN} \end{bmatrix} \quad (12)$$

各受信アンテナ 201 で受信された受信信号 $\mathbf{r}(t)$ は、ノイズベクトルを $\mathbf{n}(t)$ とすると、

【数 13】

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{n}(t) \quad (13)$$

のように示される。

【0062】

チャネル推定部 204 の出力する通信チャネル情報を用いて、フィードバック情報生成部 205 においてフィードバック情報が生成される。このフィードバック情報として送信ウェイト情報を用いる場合は、フィードバック情報生成部 20

5にて上述した送信ウェイト生成部106と同様の処理が行われる。したがって、この場合、送信局100側には送信ウェイト生成部106が不要となる。他方、フィードバック情報として通信チャネル情報をフィードバックする場合、フィードバック情報生成部205はスルーとなる。

【0063】

生成されたフィードバック情報はフィードバック情報加工部206とフィードバック情報蓄積部207に入力される。フィードバック情報加工部206ではフィードバック情報に対して、フィードバック回線400の帯域、フィードバック情報量等に応じた加工を施した後、加工フィードバック情報を出力する。この加工フィードバック情報はフィードバック回線400を通じて送信局100に通知される。フィードバック情報蓄積部207では、加工フィードバック情報が送信局100に通知され、通知情報を用いて送信された信号が受信局200で受信されるまでの一定期間フィードバック情報を保持する。フィードバック情報生成部205がスルーだった場合は、保持終了後に送信局100側の送信ウェイト生成部106と同様の処理が施され、送信ウェイト情報が蓄積フィードバック情報として出力される。

【0064】

前記一定期間が経過した後、フィードバック情報蓄積部207から蓄積フィードバック情報が受信ウェイト生成部208へ出力される。受信ウェイト生成部208では、通信チャネル情報と蓄積フィードバック情報を用いて受信ウェイト情報を生成する。このとき、受信ウェイトベクトル（1行×L列） W_{Rk} は、

【数14】

$$W_{Rk} = (Ae_k)^H \quad (14)$$

のように生成される。

【0065】

生成された受信ウェイト情報は受信信号と乗算される。k番目のストリームに対する合成後出力 $y_k(t)$ は、

【数 15】

$$\begin{aligned}
 y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\
 &= \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \mathbf{W}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (15) \\
 &= \lambda_k S_k(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t)
 \end{aligned}$$

となる。

【0066】

このように送受信ウェイトを生成して用いることにより、多重化された他のストリームからの干渉を全く受けずに所望のストリームのみを抽出することができる。この結果、本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、周波数利用効率を従来の1ストリームのみを伝送する場合と比較して飛躍的に高めることが可能となる。

【0067】

〔第2の実施の形態〕次に、本発明の第2の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置について、図2を用いて説明する。

【0068】

図1に示した第1の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、フィードバック情報をフィードバック回線を用いて送信局に通知する際、フィードバック回線の帯域、フィードバック情報量に応じた加工による劣化が生じることがあり得る。この結果、送受信ウェイト間の整合性が乱れ、伝送特性の劣化が生じてしまう場合がある。つまり、加工前の送信ウェイト情報、加工後の送信ウェイト情報それぞれを

【数 16】

$$\mathbf{W}_{Tk}, \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}$$

とすると、第1の実施の形態の技術では、受信ウェイトを

【数 17】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A} \mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成する。

【0 0 6 9】

このときの受信局 2 0 0 における合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 1 8】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \widetilde{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (16) \end{aligned}$$

となる。このとき、

【数 1 9】

$$\mathbf{W}_{Tk}, \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}$$

の加工前の送信ウェイト情報と加工後の送信ウェイト情報との間には加工に伴う誤差が生じているために送受信ウェイト間の整合性が乱れることがあり、その場合には他ストリームからの干渉成分を十分消去できず、この結果として伝送特性の劣化が生じ得ることが予想される。

【0 0 7 0】

図 2 に示した本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置において、図 1 に示した第 1 の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置と共通する構成要素については同一の符号を付して示している。第 1 の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、受信局 2 0 0 において受信ウェイトの生成時に加工を施さない状態のフィードバック情報を用いていたのに対して、本実施の形態では、受信局 2 0 0 のフィードバック情報加工部 2 0 6 において加工した後の加工フィードバック情報をフィードバック情報蓄積部 2 2 1 で一定時間保持し、受信ウェイト生成部 2 0 8 に出力し、受信ウェイトを生成するようにした点を特徴とする。

【0 0 7 1】

【表 1】

	送信ウェイト情報	通信チャネル情報	受信ウェイト情報
従来提案技術	$\widetilde{\mathbf{W}}_T$	\mathbf{A}	\mathbf{W}_R
本発明	$\widetilde{\mathbf{W}}_T$	\mathbf{A}	$\widetilde{\mathbf{W}}_R$

$\widetilde{\mathbf{W}}$ ：加工フィードバック情報で生成、 \mathbf{W} ：フィードバック情報で生成

表 1 に第 1 の実施の形態と第 2 の実施の形態との関係を示す。第 1 の実施の形態では、(10) 式のようにチャネル推定値を基に固有値計算を行い、現在の伝搬路に整合した形で送受信ウェイトを算出して伝送時に用いているが、フィードバック情報はフィードバック回線を用いて伝達される関係上、フィードバック回線の情報速度に応じた加工処理が施されるため、加工処理の影響を受けずに生成された受信ウェイトとの整合性が乱れ、伝送容量が劣化するといった事態が起こり得た。

【0072】

これに対して、本実施の形態では送信ウェイトと受信ウェイトとの整合性を保持することを目的に、フィードバック情報に加工を施した後の加工フィードバック情報を用いて受信ウェイトを生成する。これにより、送信ウェイトのフィードバックに伴う加工処理による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減することができる。つまり、加工前のフィードバック情報を用いて生成した送信ウェイト情報を

【数 2 0】

$$\mathbf{W}_{Tk}$$

とし、加工後のフィードバック情報を用いて生成した加工送信ウェイト情報を

【数 2 1】

$$\widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}$$

とすると、第 1 の実施の形態の方法では受信ウェイトを

【数 2 2】

$$\mathbf{W}_{rk} = (\mathbf{A}\mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成していたところを、

【数 2 3】

$$\mathbf{W}_{rk} = (\mathbf{A}\widetilde{\mathbf{W}}_{Tk})^H$$

として生成することになる。このときの合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 2 4】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \widetilde{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{rk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (17) \end{aligned}$$

となる。

【0073】

以上の動作により、本第2の実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、フィードバック時の加工による誤差が生じた際の影響を低減することが可能となり、伝送特性の劣化を低減することができる。

【0074】

〔第3の実施の形態〕図3に本発明の第3の実施の形態を示す。本実施の形態ではフィードバックに伴って生じる誤差として、量子化に伴う誤差を低減することを目的としている。図1に示した第1の実施の形態の技術では受信ウェイトの生成時に量子化を施さない状態の送信ウェイト情報を用いていたのに対して、本実施の形態では、送信ウェイト情報を送信ウェイト量子化部において量子化した後の量子化送信ウェイト情報を用いて受信ウェイト生成を行う点が異なる。

【0075】

図3に示すように本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置は、複数のアンテナ105を備えた送信局100と複数のアンテナ201を備えた受信局200と、無線伝搬路300から構成される。

【0076】

送信局 1 0 0 は図 1 の第 1 の実施の形態の送信局とほぼ同様の構成であるが、送信ウェイト生成部を備えておらず、受信局 2 0 0 側からフィードバックされる量子化送信ウェイト情報を利用するようにしている。

【0 0 7 7】

一方、受信局 2 0 0 は、複数の信号系列毎のアンテナ 2 0 1 による受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部 2 0 4 と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部 2 3 1 と、送信ウェイト情報に量子化処理を施して量子化送信ウェイト情報を生成し、フィードバック回線 4 0 0 を通じて送信局 1 0 0 へフィードバックする送信ウェイト量子化部 2 3 2 と、量子化送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された量子化送信ウェイトを出力する送信ウェイト蓄積部 2 3 3 と、通信チャネル情報と送信ウェイト蓄積部 2 3 3 の蓄積された量子化送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部 2 3 4 と、受信信号に受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部 2 1 1 と、受信信号を復調する受信信号復調部 2 1 2 を備えている。受信局 2 0 0 はさらに、複数の送信信号系列毎の等化処理部 2 0 3 の受信信号復調部 2 1 2 それぞれからの復調出力を送信局 1 0 0 側の送信信号分割部 1 0 2 の分割法と対応して結合して受信信号を出力する受信信号結合部 2 0 9 を備えている。

【0 0 7 8】

第 1 の実施の形態では、(1 0) 式のようにチャネル推定値を基に固有値計算を行い、現在の伝搬路に整合した形で送受信ウェイトを算出して伝送時に用いたが、送信ウェイト情報はフィードバック回線を用いて伝達される関係上、送信ウェイトはフィードバック回線の情報速度に応じた量子化が施されるため、量子化の影響を受けずに生成された受信ウェイトとの整合性が乱れ、伝送容量が劣化する事態が起ることが予想される。

【0 0 7 9】

このような状況に対応するために、本実施の形態では送信ウェイトと受信ウェイトとの整合性を保持することを目的に、送信ウェイト情報に量子化を施した後の量子化送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する。これにより、送信

ウェイトのフィードバックに伴う遅延による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減することができる。

【0080】

つまり、量子化前の送信ウェイト情報、量子化後の送信ウェイト情報それぞれを

【数25】

$$\mathbf{W}_{Tk}, \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}$$

とすると、第1の実施の形態では受信ウェイトを

【数26】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A}\mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成していたところを、

【数27】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A}\widetilde{\mathbf{W}}_{Tk})^H$$

として生成することになる。このときの合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数28】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \widetilde{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (18) \end{aligned}$$

となる。

【0081】

以上の動作により、本実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送では、フィードバックによる量子化誤差が生じた際の影響を低減することが可能となり、伝送特性の劣化を低減することができる。

【0082】

[第4の実施の形態] 図4に本発明の第4の実施の形態を示す。図3に示した第3の実施の形態では受信局200で算出した送信ウェイト情報をフィードバッ

ク回線 4 0 0 によって送信局 1 0 0 に通知していたのに対して、本実施の形態では量子化通信チャネル情報を送信局 1 0 0 にフィードバック回線 4 0 0 を用いて通知し、送信局 1 0 0 側で送信ウェイト情報を生成するようにしたことを特徴とする。

【0 0 8 3】

本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置は、複数のアンテナ 1 0 5 を備えた送信局 1 0 0 と複数のアンテナ 2 0 1 を備えた受信局 2 0 0 と、無線伝搬路 3 0 0 から構成される。なお、図 1 に示した第 1 のの実施の形態と共通する構成要素には同一の符号を付している。

【0 0 8 4】

送信局 1 0 0 は、送信信号生成部 1 0 1 と、送信信号を複数の系列に分割する送信信号分割部 1 0 2 と、分割された各信号系列を変調する送信信号変調部 1 1 1 と、受信局 2 0 0 からのフィードバック回線 4 0 0 を通じて通知された量子化通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部 1 2 1 と、送信信号変調部 1 1 1 の変調信号に送信ウェイト情報を乗算する送信ウェイト乗算部 1 1 2 と、既知シンボル付加部 1 1 3 と、加算部 1 0 4 を備えている。

【0 0 8 5】

一方、受信局 2 0 0 は、複数の信号系列毎のアンテナ 2 0 1 による受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部 2 0 4 と、通信チャネル情報に量子化処理を施して量子化通信チャネル情報を生成し、フィードバック回線 4 0 0 を通じて送信局 1 0 0 にフィードバックする通信チャネル量子化部 2 4 1 と、量子化通信チャネル情報を一定期間保持し、蓄積された量子化通信チャネル情報を出力するチャネル蓄積部 2 4 2 と、チャネル蓄積部 2 4 2 の蓄積された量子化通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部 2 4 3 と、チャネル推定部 2 0 4 の出力する通信チャネル情報と送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部 2 4 4 と、受信信号に受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部 2 1 1 と、受信信号を復調する受信信号復調部 2 1 2 を備えている。受信局 2 0 0 はさら

に複数の送信信号系列毎の等化处理部 2 0 3 それぞれの受信信号復調部 2 1 2 から出力される復調信号を送信局 1 0 0 側の送信信号分割部 1 0 2 の分割法と対応して結合し、受信信号を出力する受信信号結合部 2 0 9 を備えている。

【0 0 8 6】

このような構成においては、送信ウェイト情報はフィードバック回線の情報速度に応じた量子化が施された通信チャネル情報を用いて生成されるため、量子化の影響を受けずに生成された受信ウェイトとの整合性が乱れ、伝送容量が劣化するといった事態が起こることが予想されるが、このような状況に対応するために、本実施の形態では送信ウェイトと受信ウェイトとの整合性を保持することを目的にして、通信チャネル情報に量子化を施した後の量子化通信チャネル情報を用いて受信ウェイトを生成する。

【0 0 8 7】

これにより、本実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送方式では、送信ウェイトのフィードバックに伴う遅延による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減することができる。つまり、量子化前の通信チャネル情報、量子化後の送信ウェイト情報をそれぞれ

【数 2 9】

$$\mathbf{A}, \tilde{\mathbf{A}}$$

とすると、送信ウェイトは

【数 3 0】

$$\tilde{\mathbf{A}}^H \tilde{\mathbf{A}}$$

の特異値分解若しくは固有値分解を行うことで得られる固有ベクトル

【数 3 1】

$$\tilde{\mathbf{e}}_k$$

を用いて以下のように表せる。

【0 0 8 8】

【数 3 2】

$$\mathbf{W}_{Tk} = \tilde{\mathbf{e}}_k \quad (19)$$

これに対して第 1 の実施の形態では受信ウェイトを

【数 3 3】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A}\mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成していたところを、本実施の形態によれば

【数 3 4】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\tilde{\mathbf{A}}\mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成することになる。このときの合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 3 5】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \mathbf{W}_{Tk}^H \tilde{\mathbf{A}}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \hat{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \tilde{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (20) \end{aligned}$$

となる。

【0089】

以上の動作により、本実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送方式では、フィードバックによる量子化誤差が生じた際の影響を低減することが可能となり、伝送特性の劣化を低減することができる。

【0090】

〔第 5 の実施の形態〕図 5 に本発明の第 5 の実施の形態を示す。本実施の形態ではフィードバックに伴い生じる誤差として、フィードバック遅延の補償を目的に行うウェイト補正時に生じる補正誤差を問題としている。図 1 の第 1 の実施の形態では、(10) 式のようにチャネル推定値を基に固有値計算を行い、現在の伝搬路に整合した形で送受信ウェイトを算出して伝送時に用いているが、送信ウェイト情報はフィードバック回線を用いて伝達される関係上、送信ウェイトはフィードバック回線の情報速度に応じた遅延の後に受信されるため、送信ウェイト

と通信チャネルとの整合性が乱れ、伝送容量が劣化するといった事態が起こる。

【0 0 9 1】

このような状況に対応するために、フィードバックによる遅延に伴う送信ウェイト及び通信チャネル間の不整合性を低減させることを目的とし、送信ウェイト補正部を用いることができ、その場合、例えば遅延時間情報と送信ウェイト保存部に保存された過去に使用された送信ウェイト情報を基に、一次外挿処理を用いることによって送信ウェイトを補正することが考えられる。上記遅延時間情報は例えば、送信局、受信局それぞれにおいてウェイト生成及び補正に必要な時間と、送信ウェイト情報を受信してから実際の通信に用いられるまでの所要時間を計測することで算出することができる。しかし、遅延時間情報の精度及び送信ウェイト補正時の誤差により送受信ウェイトと通信チャネル間に不整合が発生すると考えられる。

【0 0 9 2】

そこで本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、送信ウェイトと受信ウェイトとの整合性を保持することを目的に、送信ウェイト情報に補正を施した後の補正送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成するようにしている。

【0 0 9 3】

図 5 を用いて、本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置の構成を説明する。本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置は、複数のアンテナ 1 0 5 を備えた送信局 1 0 0 と複数のアンテナ 2 0 1 を備えた受信局 2 0 0 と、無線伝搬路 3 0 0 から構成される。送信局 1 0 0 は、図 3 に示した第 3 の実施の形態と同様の構成であるので、共通する構成要素に同一の符号を付して示し、その説明は省略する。

【0 0 9 4】

一方、受信局 2 0 0 は、複数の信号系列毎のアンテナ 2 0 1 による受信信号から通信チャネル状況を推定し、通信チャネル情報を出力するチャネル推定部 2 0 4 と、通信チャネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部 2 3 1 と、送信ウェイト生成部 2 3 1 が過去に出力した送信ウェイト情報を保

存する送信ウェイト保存部 251 と、送信ウェイト保存部 251 に保存された過去の送信ウェイト情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報 253 を用いて送信ウェイト生成部 231 の出力する送信ウェイト情報を補正して補正送信ウェイト情報を生成し、送信局 100 にフィードバック回線 400 を通じてフィードバックする送信ウェイト補正部 252 と、送信ウェイト補正部 252 からの補正送信ウェイト情報を一定期間保持し、蓄積された補正送信ウェイト情報を出力する送信ウェイト蓄積部 233 と、通信チャネル情報と送信ウェイト蓄積部 233 の蓄積された補正送信ウェイト情報とを用いて受信ウェイト情報を生成する受信ウェイト生成部 234 と、受信信号に受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部 211 と、受信信号を復調する受信信号復調部 212 を備えている。受信局 200 はさらに、複数の送信信号系列毎の等化处理部 203 の受信信号復調部 212 それぞれからの復調出力を送信局 100 側の送信信号分割部 102 の分割法と対応して結合して受信信号を出力する受信信号結合部 209 を備えている。

【0095】

以上の構成により、本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、送信ウェイトと受信ウェイトとの整合性を保持することを目的に、受信局 200 において送信ウェイト情報に補正を施した後の補正送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する。これにより、本実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送では、送信ウェイト補正時の誤差による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減することができる。

【0096】

つまり、補正前の送信ウェイト情報、補正後の送信ウェイト情報それぞれを

【数 36】

$$\mathbf{W}_{Tk}, \hat{\mathbf{W}}_{Tk}$$

とすると、第 1 の実施の形態では受信ウェイトを

【数 3 7】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A}\mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成していたところを、本実施の形態では

【数 3 8】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A}\widehat{\mathbf{W}}_{Tk})^H$$

として生成することになる。このときの合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 3 9】

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \widehat{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \widehat{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \widehat{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (21) \end{aligned}$$

となり、補正誤差の影響をも考慮して送受信ウェイト間の整合性を保つことが可能となる。

【0 0 9 7】

以上により、本実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送方式では、フィードバックによる誤差が生じた際の影響を低減することが可能となり、伝送特性の劣化を低減することができる。

【0 0 9 8】

〔第 6 の実施の形態〕図 6 に本発明の第 6 の実施の形態を示す。第 5 の実施の形態による伝送方式では、受信局で算出した送信ウェイト情報をフィードバック回線によって送信局に通知していたのに対して、本実施の形態では補正通信チャネル情報を送信局にフィードバック回線を用いて通知し、送信局側で送信ウェイト情報を生成する点を特徴とする。

【0 0 9 9】

図 6 を用いて本実施の形態の構成を説明する。本実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置は、複数のアンテナ 1 0 5 を備えた送信局 1 0 0 と複数のアンテナ 2 0 1 を備えた受信局 2 0 0 と、無線伝搬路 3 0 0 から構成される。

【0 1 0 0】

送信局 100 は、図 2、図 4 に示した実施の形態とほぼ共通であるが、送信ウェイト生成部 131 は受信局 200 からフィードバックされる補正通信チャンネル情報を用いて送信ウェイト情報を生成する点が他のものとは異なっている。

【0101】

また受信局 200 は、複数の信号系列毎に、送信信号を受信する複数のアンテナ 201 と、受信信号から通信チャンネル状況を推定し、通信チャンネル情報を出力するチャンネル推定部 204 と、チャンネル推定部 204 が過去に出力した通信チャンネル情報を保存するチャンネル情報保存部 261 と、チャンネル情報保存部 261 に保存された過去の通信チャンネル情報とあらかじめ与えられているフィードバックに伴う遅延時間情報 253 を用いて通信チャンネル情報を補正して補正通信チャンネル情報を生成し、フィードバック回線 400 を通じて送信局 100 にフィードバックするチャンネル情報補正部 262 と、補正通信チャンネル情報を一定期間保持し、蓄積された補正通信チャンネル情報を出力するチャンネル蓄積部 242 と、チャンネル蓄積部 242 の蓄積された補正通信チャンネル情報を入力し、送信ウェイト情報を生成する送信ウェイト生成部 243 と、送信ウェイト情報を用いて受信ウェイトを生成する受信ウェイト生成部 244 と、受信信号に受信ウェイト情報を乗算する受信ウェイト乗算部 211 と、受信信号を復調する受信信号復調部 212 を備えている。受信局 200 はまた、複数の送信信号系列毎の等化处理部 203 の受信信号復調部 212 それぞれからの復調出力を送信局 100 側の送信信号分割部 102 の分割法と対応して結合し、受信信号を出力する受信信号結合部 209 を備えている。

【0102】

送信ウェイト情報をフィードバック回線 400 の情報速度に応じた遅延の影響を受けた通信チャンネル情報を用いて生成する場合、遅延の影響を受けずに生成された受信ウェイトとの整合性が乱れ、伝送容量が劣化するといった事態が起こり得る。

【0103】

このような状況に対応するために、本実施の形態では、送信ウェイトと受信ウェイトとの整合性を保持することを目的に、通信チャンネル情報に補正処理を施し

た後の補正通信チャネル情報を用いて受信ウェイトを生成する。これにより、本実施の形態では、送信ウェイトのフィードバックに伴う遅延による送信ウェイトと受信ウェイトとの不整合性を低減することができる。

【0104】

つまり、補正前の通信チャネル情報、補正後の通信チャネル情報それぞれを

【数40】

$$\mathbf{A}, \hat{\mathbf{A}}$$

とすると、送信ウェイトは、

【数41】

$$\hat{\mathbf{A}}^H \hat{\mathbf{A}}$$

の特異値分解若しくは固有値分解を行うことで得られる固有ベクトル

【数42】

$$\hat{\mathbf{e}}_k$$

を用いて以下のように表せる。

【0105】

【数43】

$$\mathbf{W}_{Tk} = \hat{\mathbf{e}}_k \quad (22)$$

これに対して、第1の実施の形態では、受信ウェイトを

【数44】

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A} \mathbf{W}_{Tk})^H$$

として生成していた。このときの合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 4 5】

$$\begin{aligned}
 y_k(t) &= \mathbf{W}_{rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\
 &= \mathbf{W}_{rk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \mathbf{W}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{rk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (23)
 \end{aligned}$$

となる。

【0 1 0 6】

一方、本実施の形態では、

【数 4 6】

$$\mathbf{W}_{rk} = \left(\hat{\mathbf{A}} \mathbf{W}_{Tk} \right)^H$$

として生成することになる。このときの合成後信号 $y_k(t)$ は、

【数 4 7】

$$\begin{aligned}
 y_k(t) &= \mathbf{W}_{rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\
 &= \mathbf{W}_{rk}^H \hat{\mathbf{A}}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \mathbf{W}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{rk}^H \hat{\mathbf{A}}^H \mathbf{n}(t) \quad (24)
 \end{aligned}$$

となる。送信ウェイトは

【数 4 8】

$$\hat{\mathbf{A}}^H \hat{\mathbf{A}}$$

の固有ベクトルであるから、(24) 式の方が不整合性に伴う影響は小さくなる。

【0 1 0 7】

以上の動作により、本実施の形態による多入力多出力伝搬路信号伝送では、フィードバックによる遅延が生じた際の影響を低減することが可能となり、伝送特性の劣化を低減することができる。

【0 1 0 8】

【実施例】

本発明の第 3 の実施の形態に示す構成での改善効果評価を目的に、計算機シミュレーションを行った。シミュレーション条件を以下に示す。

【0109】

送受信アンテナ105, 201の本数は共に4本とし、変調方式はBPSK、QPSK、16QAM、64QAMを伝搬路品質に応じて適応的に切り替える構成とした。チャネル符号化は行っていない。各送信信号系列は等電力で送信されるものとした。伝搬路300は各送受信アンテナ間で1波レイリーフェージングを想定し、送信ブランチ間及び受信ブランチ間の相関特性は下記の参考文献のCase IIを参考に設定した。平均信号電力対雑音電力比は20dBとした。

【0110】

本発明の第1の実施の形態及び第3の実施の形態による伝送方式について、横軸を1フレームあたりに使用する総量子化ビット数、縦軸を平均スループットとして評価した結果を図7に示す。両方式共に横軸の値が小さくなるほどスループットが減少しているが、第3の実施の形態による伝送方式では第1の実施の形態による伝送方式と比較してより良好な特性が維持できているのが確認できた。

【0111】**[参考文献]**

“Joint 3GPP 3GPP2 Spatial Channel Modeling AHG Status Report”, RAN1 #27, July2-5, 2002.

【0112】**【発明の効果】**

以上のように本発明によれば、送受信ウェイトの整合性を考慮してウェイトを設定できるため、フィードバックに伴う量子化による特性の劣化を低減することができ、その結果として、良好な伝送特性を維持することができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の第1の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

【図2】

本発明の第2の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

【図3】

本発明の第3の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

【図 4】

本発明の第 4 の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

【図 5】

本発明の第 5 の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

【図 6】

本発明の第 6 の実施の形態の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態による伝送方式と第 3 の実施の形態による伝送方式との伝送特性を比較するグラフ。

【図 8】

従来例の多入力多出力伝搬路信号伝送装置のブロック図。

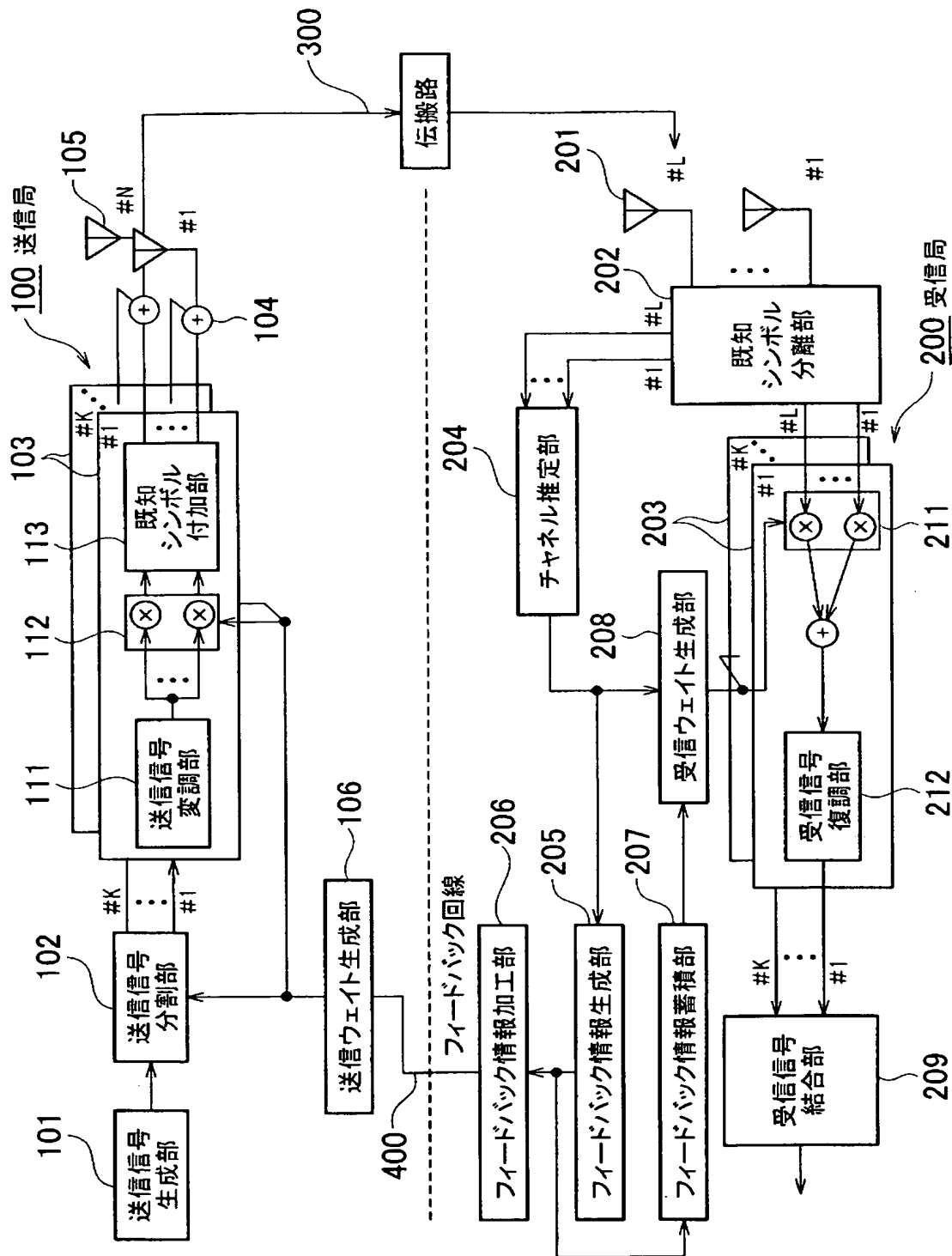
【符号の説明】

- 1 0 0 送信局
- 1 0 1 送信信号生成部
- 1 0 2 送信信号分割部
- 1 0 3 信号処理部
- 1 0 4 加算部
- 1 0 5 アンテナ
- 1 0 6 送信ウェイト生成部
- 1 1 1 送信信号変調部
- 1 1 2 送信ウェイト乗算部
- 1 1 3 既知シンボル付加部
- 1 2 1 送信ウェイト生成部
- 1 3 1 送信ウェイト生成部
- 2 0 0 受信局
- 2 0 1 アンテナ
- 2 0 2 既知シンボル分離部
- 2 0 3 等化处理部
- 2 0 4 チャネル推定部

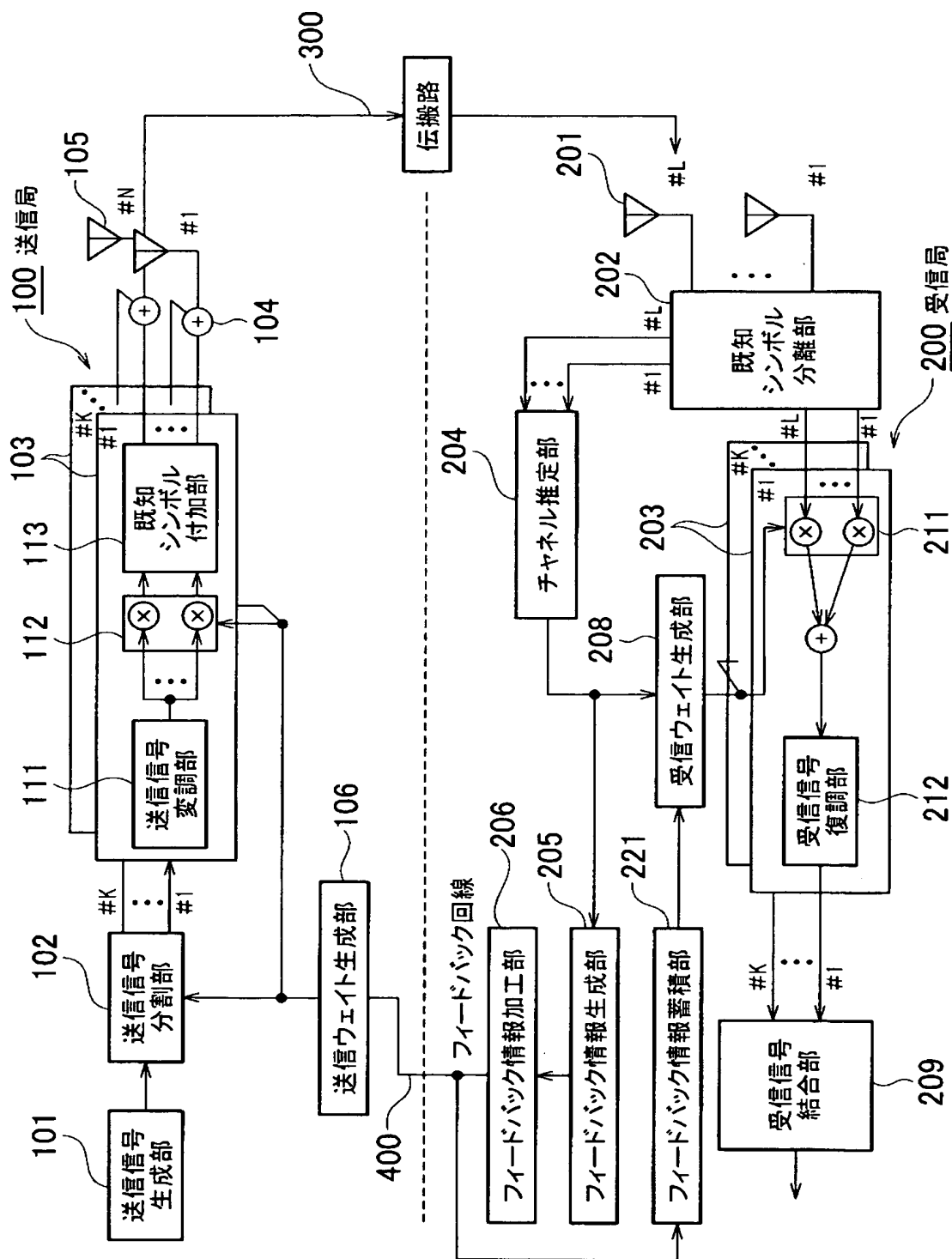
- 2 0 5 フィードバック情報生成部
- 2 0 6 フィードバック情報加工部
- 2 0 8 受信ウェイト生成部
- 2 0 9 受信信号結合部
- 2 1 1 受信ウェイト乗算部
- 2 1 2 受信信号復調部
- 2 2 1 フィードバック情報蓄積部
- 2 3 1 送信ウェイト生成部
- 2 3 2 送信ウェイト量子化部
- 2 3 3 送信ウェイト蓄積部
- 2 3 4 受信ウェイト生成部
- 2 4 1 通信チャネル量子化部
- 2 4 2 チャネル蓄積部
- 2 4 3 送信ウェイト生成部
- 2 4 4 受信ウェイト生成部
- 2 5 1 送信ウェイト保存部
- 2 5 2 送信ウェイト補正部
- 2 5 3 遅延時間情報
- 2 6 1 チャネル情報保存部
- 2 6 2 チャネル情報補正部
- 3 0 0 伝搬路
- 4 0 0 フィードバック回線

【書類名】 図面

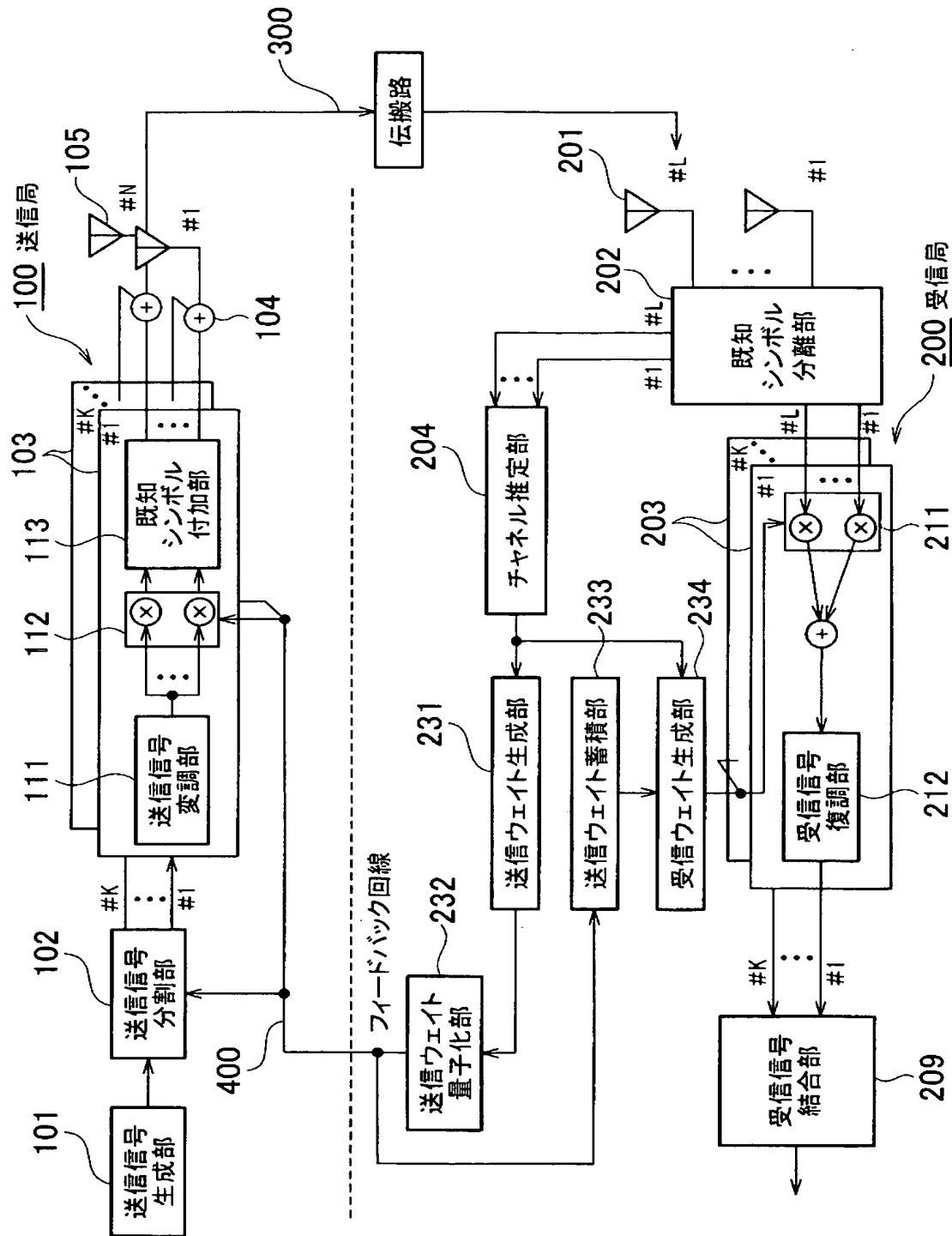
【図 1】



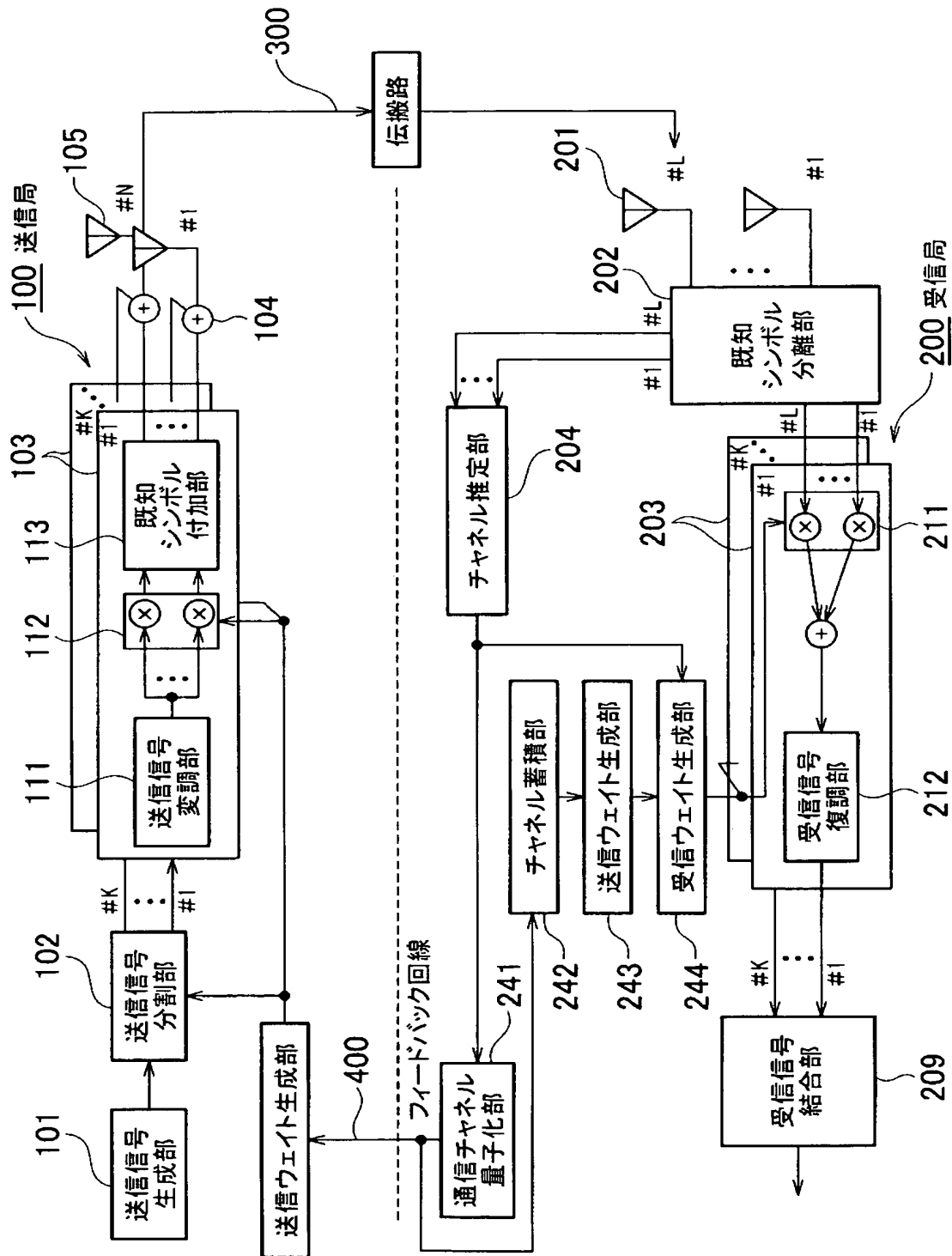
【図 2】



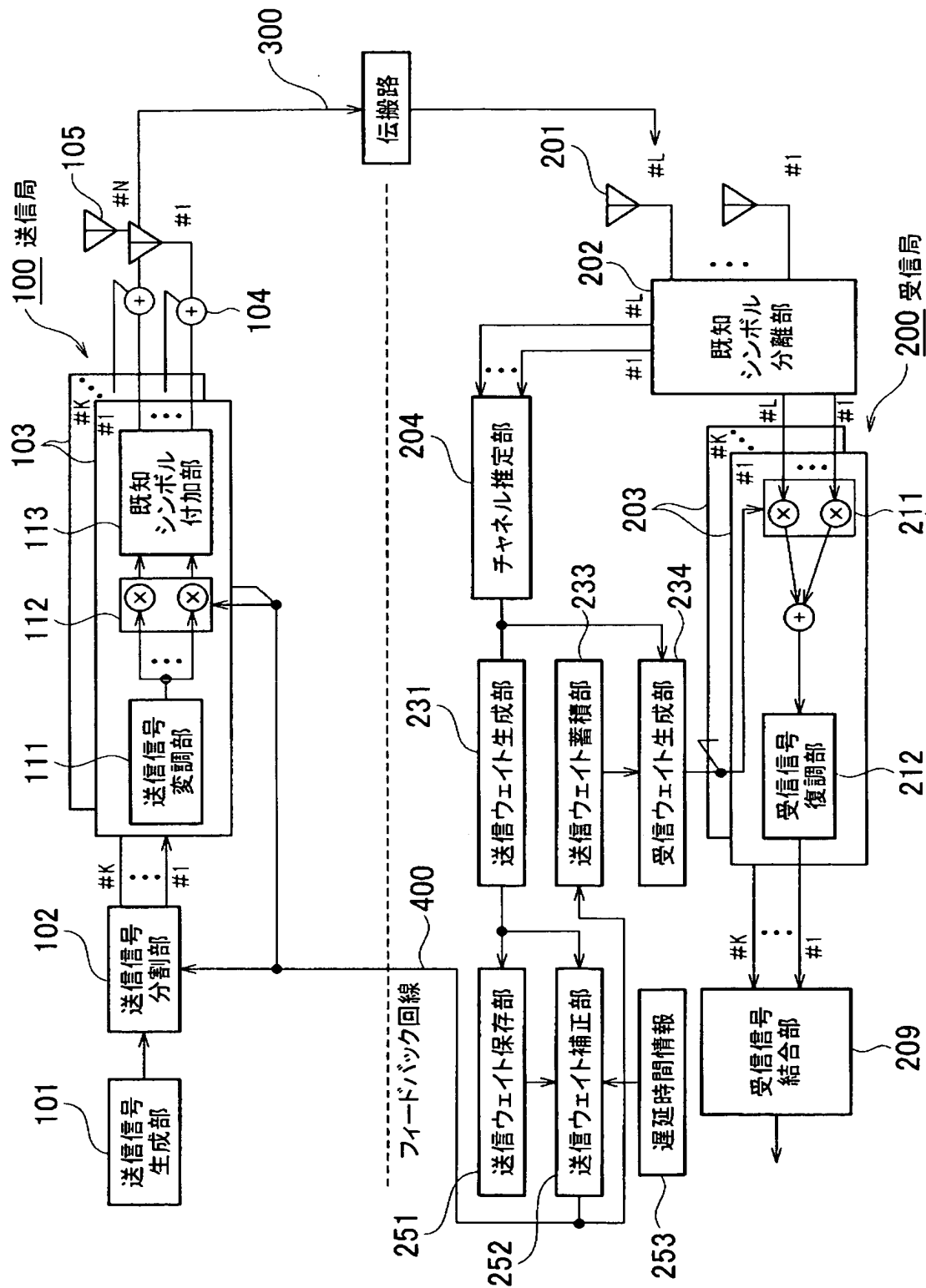
【図 3】



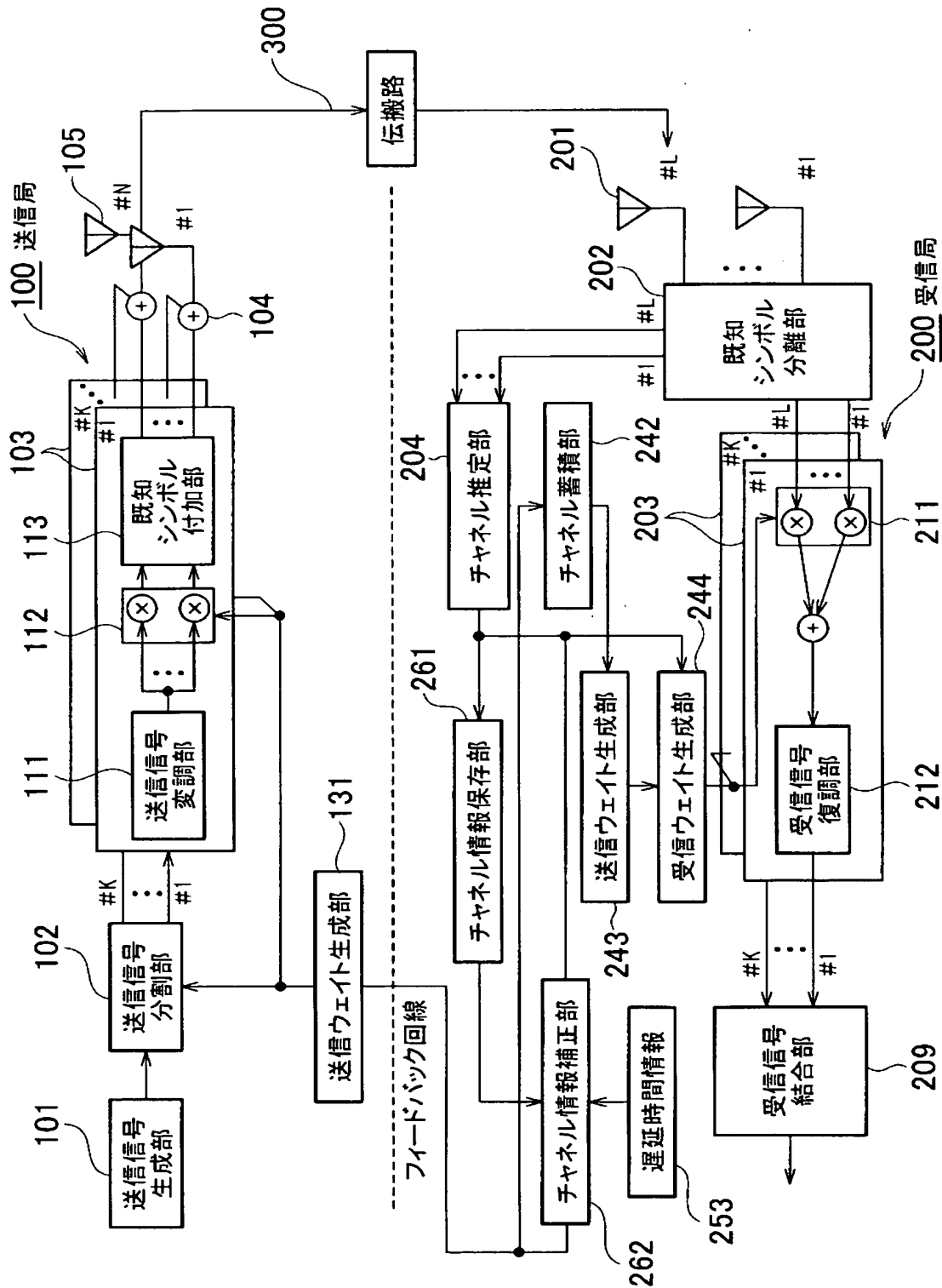
【圖 4】



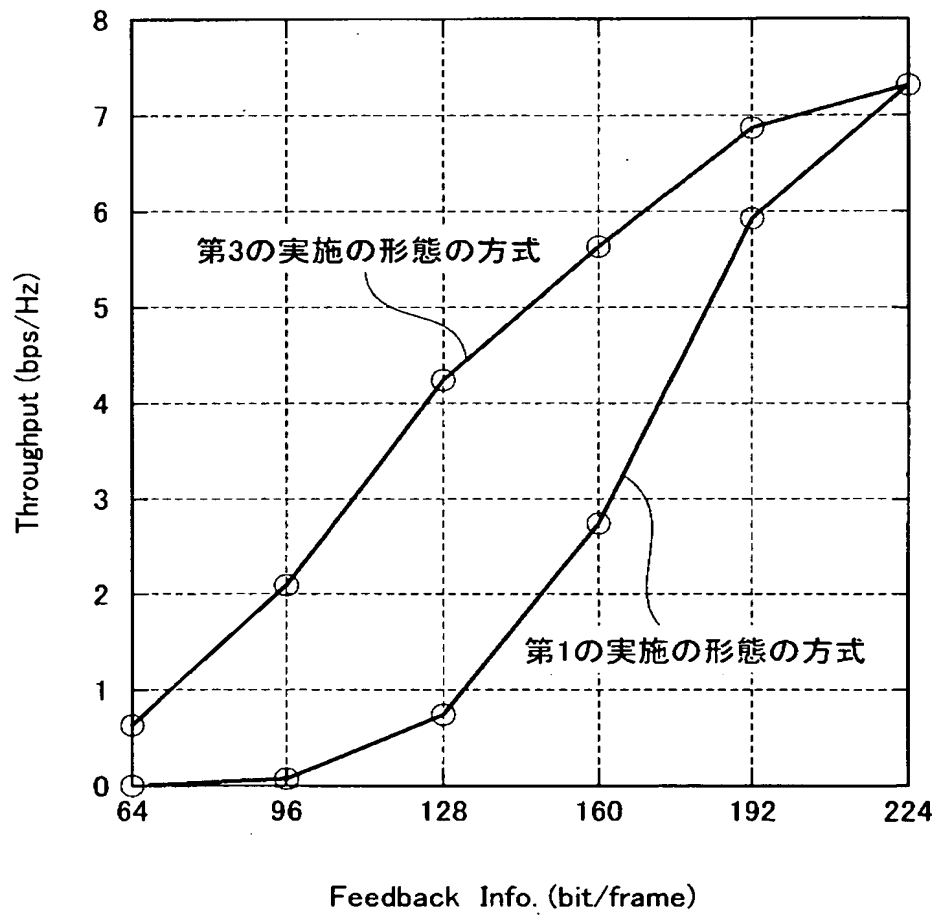
【図 5】



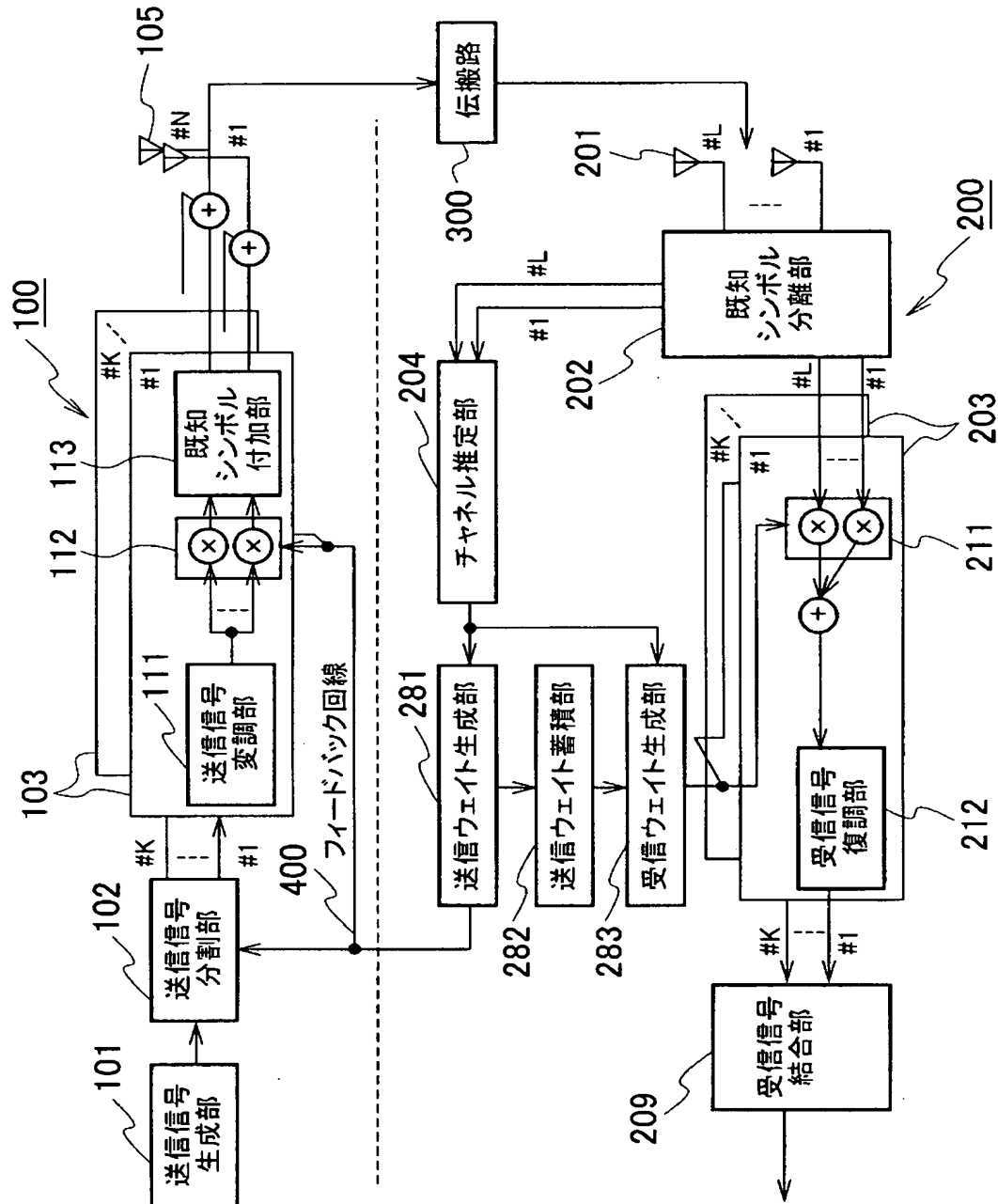
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 受信ウェイト生成時に加工後の送信ウェイトを用いることにより、送受信ウェイトの整合性を向上させ、伝送特性の劣化を減少させる。

【解決手段】 本発明の多入力多出力伝搬路信号伝送装置では、受信局 2 0 0 において受信ウェイトの生成時に加工を施さない状態のフィードバック情報を用いる代わりに、受信局 2 0 0 のフィードバック情報加工部 2 0 6 において加工した後の加工フィードバック情報をフィードバック情報蓄積部 2 2 1 で一定時間保持し、受信ウェイト生成部 2 0 8 に出力し、受信ウェイトを生成するようにした。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 9 3 8 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 2 0 2 6 6 9 3]

1. 変更年月日 2 0 0 0 年 5 月 1 9 日

[変更理由] 名称変更

住所変更

住 所 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号
氏 名 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ